

STATICKÉ ŘEŠENÍ DŘEVĚNÝCH VODOHOSPODÁŘSKÝCH OBJEKTŮ

STATIC DESIGN OF WOODEN WATER MANAGEMENT BUILDINGS

Václav Mráz^{1,2}, Martin Duchan¹

¹ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, vaclav.mraz@fd.czu.cz

² Ředitelství silnic a dálnic ČR, Provozní úsek GŘ, Na Pankráci 56, 140 00 Praha 10

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-932-7-0019>

Abstract

Wooden water management structures are mainly built on mountain streams, where there is plenty of wood of good quality and suitable dimensions and shapes. These are transverse objects in the bed of a stream or melioration channel, which enable manipulation of the water level up to the level of the storage threshold, or to the bottom. With regard to changing climatic conditions and to ensure measures for localities affected by the groundwater level, their use has become increasingly relevant in the recent period. The incomplete effect of wooden overhangs led to the realization that it is necessary to pay more attention to their static solution. The article presents examples of the assessment of wooden water management objects with regard to the requirements of the EUROCODES.

Keywords: Wooden structures; statics; EUROCODES; torrent damming;

Abstrakt

Dřevěné vodohospodářské stavby se budují především na horských tocích, kde je dostatek kvalitního dřeva vhodných rozměrů a tvarů. Jedná se o příčné objekty v korytě potoka nebo melioračního kanálu, které umožňují manipulaci s hladinou vody až do úrovně akumulčního prahu, případně až na dno. S ohledem na měnící se klimatické podmínky a pro zajištění opatření pro lokality ovlivněné hladinou podzemní vody nabývá jejich využití v posledním období stále většího významu. Neúplný účinek dřevěných převisů vedl k poznání, že je třeba věnovat větší pozornost jejich statickému řešení. V článku jsou uvedeny příklady posouzení dřevěných vodohospodářských objektů s ohledem na požadavky EUROCODES.

Klíčová slova: dřevěné konstrukce; statika; EUROCODES; hrazení bystřin

Úvod

Statické řešení a posuzování dřevěných vodohospodářských objektů, jako jsou přehrážky a srubové konstrukce, je důležitým krokem při jejich návrhu a výstavbě. Se zvyšující se zastavěností a se změnami v krajině stále větší podíl srážek odtéká jako povrchový odtok do toků. V rámci klimatických změn je nutné očekávat větší intenzitu srážek a více po sobě jdoucích dnů beze srážek [1]. Změna klimatu je tedy velmi silným impulsem pro maximalizaci zadržení co nejvyššího objemu srážek v místě jejich dopadu.

Realizace příčných dřevěných vodohospodářských objektů je jedním z opatření cílených na zadržování vody v krajině a zpomalování jejího povrchového odtoku.

Příčné dřevěné vodohospodářské objekty snižují podélný spád, stabilizují koryto, zadržují vodu a zpomalují rychlý soustředěný odtok.

Na dřevěné hradící objekty (přehrážky) se používají kulatiny, fošny, hranoly či povaly. Při výstavbě se preferuje zejména použití místních dřevin. Ve srovnání s betonovými konstrukcemi (beton, ocel) jsou dřevěné přehrážky méně náchylné k deformacím a sesuvům, proto je rozhodující výhoda jejich použití i v nestabilních oblastech. [2]

Statické řešení dřevěných vodohospodářských objektů

Z konstrukčních částí vyžaduje statické vyšetření tělesa přehrážek zvláště kulatina, která tvoří těleso objektu. Kulatinu lze uvažovat za spojitý nosník namáhaný hydrostatickým tlakem [3]. Modely statických zatížení se musí založit na volbě odpovídajících silově-deformačních vztahů mezi prvky a jejich styky a mezi prvky a základovou půdou.

• Charakteristiky materiálu

Dřevo a materiály na bázi dřeva jsou materiály přírodního původu vyznačující se značnou variabilitou fyzikálně-mechanických vlastností. Dřevo má, oproti oceli, odlišné vlastnosti v tahu a tlaku. V tlaku vykazuje dřevo zpravidla poměrně značné plastické rezervy, zatímco v tahu je plasticita dřeva velmi omezená a dochází k přetržení křehkým lomem.

Dřevo jako stavební materiál má specifické vlastnosti, které je třeba brát v úvahu. Jde především o pevnost, tuhost, odolnost proti vlhkosti a hnilobě. Je důležité zvolit správný druh dřeva a zkontrolovat jeho kvalitu. Pro navrhování dřevěných vodohospodářských objektů platí ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5 [4]. Požadavky na dříví jako konstrukční materiál pro vodohospodářské stavby ale nejsou jednoznačně uvedeny v žádné technické normě. Při výběru druhu dřeva je nutno přihlížet k požadované životnosti stavby (konstrukce) ve vlhkém a mokřém prostředí [5]. Dřevěné vodohospodářské objekty se provádějí nejčastěji ze zdravého, v zimě káceného dřeva modřínového, borového, jedlového nebo smrkového. Doporučeným materiálem je měkké jehličnaté řezivo (SM, BO, alt. MD) běžné třídy pevnosti C24 bez jakékoliv povrchové úpravy [5].

Únosnost prvků a spojů dřevěných konstrukcí významně ovlivňuje doba trvání účinků kombinace zatížení. Při dlouhodobém namáhání klesá pevnost dřeva až na polovinu. Pokles pevnosti je výraznější u prvků s vyšší vlhkostí a zejména u prvků v prostředí s kolísáním vlhkosti. Vlastnosti dřeva jako materiálu se také liší například v závislosti na počtu suků, přítomnosti a druhu hniloby dřeva a struktuře dřeva dané podmínkami při růstu daného stromu [10] [17].

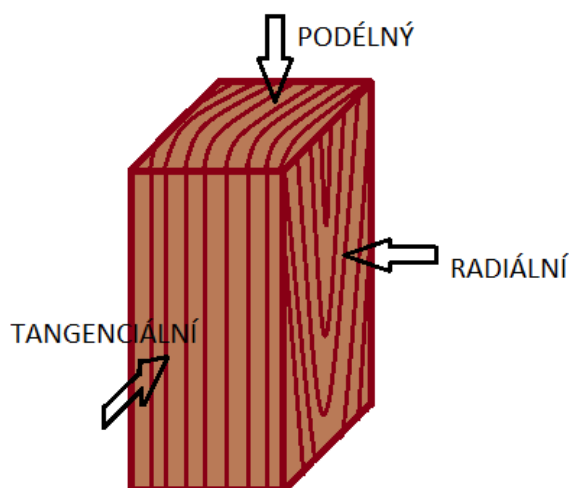
Příkladem vad dřeva majících vliv na jeho mechanické vlastnosti, nebo použitelnost v konstrukci dle [11] jsou například: reakční dřevo, křivost, točitost, sbíhavost, trhliny atd. Naopak jiné vady spíše vizuálního charakteru nemusí mít vliv na mechanické vlastnosti dřeva. Jednotlivé hodnoty konkrétních vad lze změřit, nebo vypočítat dle [12]. V normách pro dřevěné konstrukce [13], [14] jsou mimo jiné stanoveny maximální hodnoty dovolených odchylek od jmenovitých rozměrů (korigovaných s ohledem na účinky změn vlhkosti) pro kvalitativní třídy tolerance rozměrů.

Dále je nutno počítat s faktem, že vlastnosti dřeva (např. pevnost, modul pružnosti) a tedy odezva na působící síly jsou různé pro směr jejich působení

(viz obr. č. 1). Z hlediska měnících se vlastností dřeva rozlišujeme tři směry:

- podélný: rovnoběžně s vlákny
- radiální: kolmo k vláknům
- tangenciální: kolmo k vláknům

Obecně jsou ovlivněny druhem dřeva, rozměry, vadami, zatížením, vlhkostí. Charakteristické hodnoty jsou stanoveny podle tříd pevnosti v normách (viz dále).



Obr. 1 Znázornění směrů sil působících na dřevo.

- **Zatížení**

Při statickém řešení je třeba zohlednit očekávané zatížení, které bude na objekt působit. To může zahrnovat hydraulické tlaky, erozi, sníh, vítr a další. Zatížení je třeba správně modelovat a vyhodnotit.

Při navrhování a při určování zatížení dřevěných vodohospodářských objektů se musí vycházet z co nejdokonalejších znalostí jejich funkce.

Mezi vlivy působící na těleso přehrážky lze zařadit například: Hydrostatický tlak, kterým na těleso přehrážky působí tíha vody v retenčním prostoru přehrážky (viz rovnice 2.1) [7] [16]. Hydrodynamický tlak, kterým na těleso přehrážky působí voda přitékající do retenčního prostoru a narážející do tělesa přehrážky. Hydrodynamický tlak odpovídá pohybové energii proudící vody (viz rovnice 2.2) [7]. Hydraulický ráz, který nastává v případě prudkého nárůstu hydrodynamického tlaku, v důsledku rapidně se měnícího průtoku. Obvykle je hydraulický ráz považován za mimořádné zatížení podle ČSN EN 1990:2021 [9].

$$p_{hs} = \gamma_w \times z \quad (2.1)$$

Kde p_{hs} =hydrostatický tlak [Pa] v hloubce z ; γ_w =tíha kapaliny (vody) [Nm^{-3}]; z =hloubka pod statickou vodní hladinou [m].

$$F_R = S_p \times \rho \times v^2 \quad (2.2)$$

Kde F_R =tlaková síla proudu na těleso přehrážky [N]; S_p =plocha na kterou působí proudící vody; ρ =měrná hmotnost vody [kgm^{-3}]; v =rychlost proudění v [ms^{-1}];

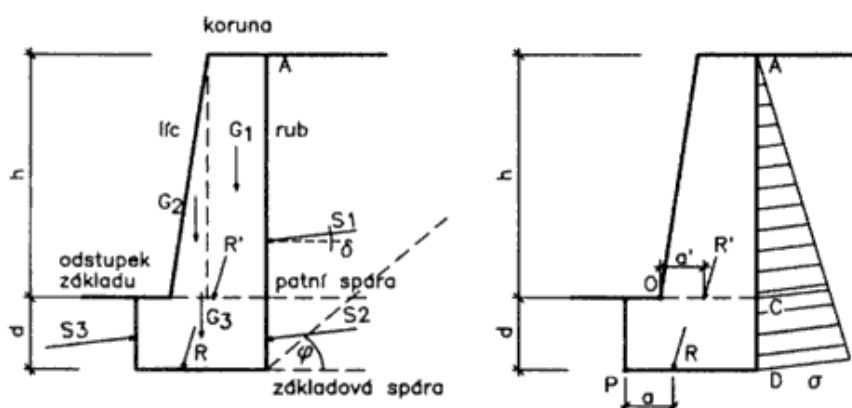
V úvahu také připadá zemní tlak při zaplnění retenčního prostoru splaveninami. Hustota vody cca 1000 kg/m³, hustota mokré zeminy/bahna cca 2000-2500 kg/m³. Charakteristická hodnota tlaku nánosů (sedimentů v retenčním prostoru přehrážky) se stanoví dle (rovnice 2.3 a 2.4) [7] Vliv tlaku sedimentů se podobá tlaku zeminy na opěrnou zeď (viz obr. č. 2).

$$p_n = \rho_n \times g \times h_a \times \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2.3)$$

Kde p_n =charakteristická hodnota tlaku sedimentů na těleso přehrážky [Pa]; h_a =výška nad uvažovaným bodem [m]; ρ_n =měrná hmotnost sedimentů [kgm^{-3}]; g =tíhové zrychlení [ms^{-2}]; φ =úhel vnitřního tření sedimentů ve stupních;

$$\rho_n = \rho_d - \rho_w \times \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad (2.4)$$

Kde ρ_n =měrná hmotnost sedimentů v suchém stavu [kgm^{-3}]; ρ_w = měrná hmotnost vody [kgm^{-3}]; ρ_s =měrná hmotnost materiálu sedimentů (zanedbá se obsah vzduchu mezi zrny) [kgm^{-3}];

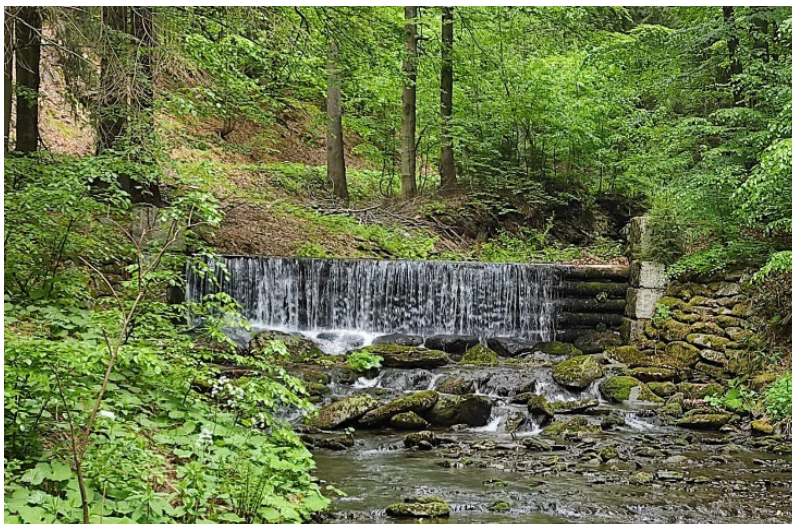


Obr. 2 Tlak zeminy na opěrnou zeď. Zdroj:

<http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/1563754270?profile=original>



Obr. 3 Dřevěná štětovnicová přehrážka – příklad řešení – foto: Karel Zlatuška



Obr. 4 Srubová přehrážka – příklad řešení – foto: Alena Tichá

- **Geometrie a konstrukční detaily**

Přehrážky a srubové konstrukce mají specifickou geometrii a konstrukční detaily, které je třeba správně navrhnout. To zahrnuje dimenze dřevěných prvků, jejich spoje, kotvení a vazby s okolím. Je důležité zajistit, aby konstrukce byla dostatečně pevná a stabilní.

Při určování geometrických a průřezových charakteristik prvků dřevěných konstrukcí je třeba vycházet ze skutečnosti, že odchylky geometrických a průřezových rozměrů a fyzikálních vlastností dřevěných prvků jsou do jisté míry náhodnými veličinami. A to i v rámci jednoho výřezu (viz obr. č.5).

Geometrické a mechanické imperfekce (odchylky) mají často nahodilý charakter, silně ovlivněný lidským činitelem (správný výběr materiálu). Negativní vliv lidského činitele lze omezit jen důslednou kontrolou a systémem řízení jakosti.



Obr. 5 Nepravidelnost struktury dřeva (točitost) Foto: Lexikon vad dřeva [11]

- **Statický výpočet**

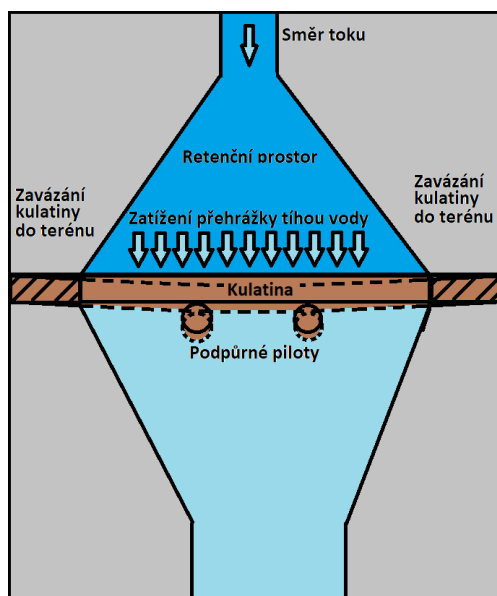
Statický výpočet je prováděn s využitím principů mechaniky a teorie elasticity. Jedná se o proces, při kterém se analyzují síly, napětí a deformace v konstrukci na různá zatížení. Existuje mnoho dostupných softwarových nástrojů pro provádění statických výpočtů, které umožňují modelování komplexních situací a posuzování konstrukcí.

Dřevěné vodohospodářské objekty (jejichž spád $> 1,5\text{m}$) se staticky posuzují na zatížení hydrostatickým tlakem působícím od základové spáry. Zatížení pouze zemním tlakem je možné u přehrážek jejichž záchytný prostor se ihned zaplňuje zeminami (strže, svážné území). Vodní vztlak se při posuzování neuvažuje. Pro výpočet hydrostatického tlaku se uvažuje taková výška hladiny vody, která vyvodí v konstrukci nejnepríznivější účinky. Zatížení hydrostatickým tlakem se stanoví podle ČSN 75 0250 [7].

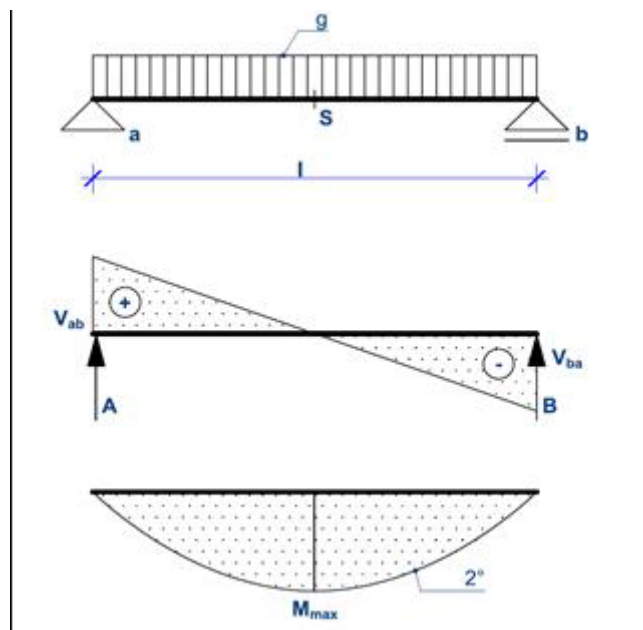
Dřevěný vodohospodářský objekt musí být navržen tak, aby přenesl stejné zatížení jako objekt ze železobetonu. Návrh jednotlivých dřevěných částí objektu např. štětovnic musí vycházet ze zatížení vyplývající z hydrostatického tlaku pod maximální hl. vody v retenčním prostoru přehrážky.

Stabilitu srubových hrází lze uvažovat ze dvou hledisek. Buď se uvažuje srubová hráz jako celistvý, v jednotlivých vrstvách a základech neporušitelný objekt, nebo jako těleso, jehož jednotlivé konstruktivní části mohou být porušeny.

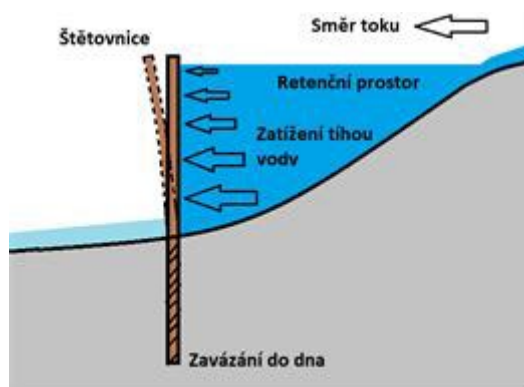
V případě dřevěných srubových stupňů se jedná o staticky složitý systém (nutné posoudit nejen celkovou stabilitu ale i vnitřní) [8] (viz obr. 9). Statický systém pro jednotlivou štětovnici (kulatinu) použitou v přehrážce přibližně odpovídá systému prostého nosníku. V případě jednostěnné dřevěné přehrážky se použije kulatina a jde o nosník podepřený na koncích, případně při větší délce kulatiny a použití pilotů jde o nosník podepřený na více místech (viz obr. č. 6 a 7). Maximální ohybový moment M_{\max} nastává ve středu rozpětí nosníku (viz obr. 7). Pro štětovnicovou přehrážku se zatížení podobá jednostranně podepřenému nosníku (viz obr. č.8). Srubové objekty a přehrážky mají složitou strukturu a velké množství faktorů ovlivňujících vnitřní stabilitu objektu (viz obr. č. 9). Z toho důvodu se při ověření stability srubového objektu postupuje stejně jako u zděného či betonového objektu. Posuzuje se vnější a vnitřní stabilita objektu. Vnější stabilita zahrnuje odolnost proti posunutí, překlopení a nadzvednutí vztlakem. Vnitřní stabilita zahrnuje pevnost objektu je jeho odolnost proti deformacím, narušení soudržnosti, případně až rozpadu objektu.



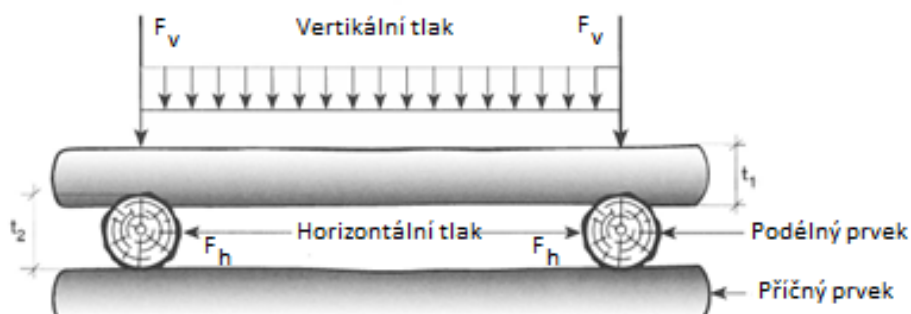
Obr. 6 Schéma zatížení kulatiny vodou v retenčním prostoru přehrážky. Čárkovaně znázornění průhybu.



Obr. 7 Prostý nosník s konstantním spojitým zatížením



Obr. 8 Schéma zatížení štětovnice vodou v retenčním prostoru přehrážky. Čárkovně znázornění průhybu.



Obr. 9 Statické řešení srubových stupňů Zdroj: Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang-und Runsenverbau. [8]

Statická stabilita a odolnost objektu se posuzuje pomocí mezních stavů. Rozlišujeme mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Mezní stav únosnosti zohledňuje bezpečnost osob a/nebo konstrukce a zahrnuje [9]:

- Tαβ. 1) ztrátu statické rovnováhy konstrukce nebo její části, uvažované jako tuhé těleso;
- Tαβ. 2) poruchu nadměrným přetvořením, vznik mechanismu z konstrukce nebo její části, porušení lomem, ztráta stability konstrukce nebo její části, včetně podpěr a základů;
- Tαβ. 3) porucha vyvolaná únavou nebo jinými časově závislými účinky;

Mezní stav použitelnosti se týká funkce konstrukce nebo nosných prvků za běžného užívání, pohody osob a vzhledu stavby. Rozlišují se vratné a nevratné mezní stavy použitelnosti. Mezní stav použitelnosti zahrnují [9]:

- Tαβ. 4) deformace které ovlivňují vzhled konstrukce, pohodu uživatelů, provozuschopnost konstrukce (včetně vybavení) nebo způsobují poškození povrchových úprav nebo nenosných prvků;
- Tαβ. 5) kmitání, která způsobují nepohodu osob nebo omezují funkční způsobilost konstrukce;
- Tαβ. 6) poškození, která mohou nepříznivě ovlivnit vzhled, trvanlivost nebo provozuschopnost konstrukce;

Pro objekty odpovídající systému prostého nosníku (viz. výše) se mezní stavy posuzují dle ČSN EN 1995-1-1:2006 [4] dle mezních stavů se posuzují jednotlivé části objektu. Pro ověření statické stability objektu lze postupovat jako u srubových objektů (viz 2.4.1.). Ovšem stabilizační účinek tíhy objektu je minimální oproti srubovému objektu s výplní z kameniva. Mezní stavy únosnosti objektu dle ČSN EN 1995-1-1:2006 [4]:

- Tαβ. 7) Tah/tlak rovnoběžně s vlákny
- Tαβ. 8) Tah/tlak komo na vlákna
- Tαβ. 9) Ohyb
- Tαβ. 10) Smyk
- Tαβ. 11) Kroucení
- Tαβ. 12) Kombinace předchozích vlivů

Dřevěný prvek přehrážky (kulatina/štětovnice) je přitom zatížen především tlakem kolmo na vlákna a ohybem.

Pro srubové objekty posuzované jako zděné, nebo betonové objekty pak platí ČSN EN 1992: Navrhování betonových konstrukcí a ČSN EN 1994: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Dle mezních stavů se posuzuje stabilita objektu a pevnost objektu jako celku [9]. U přehrážek se jedná především o stabilitu proti posunutí a překlopení a vnitřní pevnost objektu.

Pro stabilitu objektu platí vztah (2.5) návrhová hodnota stabilizujících účinků (tíha objektu, tření v kontaktu s podkladem, ukotvení atd.) musí být větší než návrhová hodnota destabilizujících účinků (hydrostatický tlak, hydrodynamický tlak, zemní tlak atd.). Pro pevnost objektu pak platí vztah (2.6). Požadovaná návrhová hodnota vlastností materiálu, respektive návrhová odolnost se stanoví podle vztahu (2.7), respektive (2.8). Třída trvání zatížení se stanoví dle (Tab. č. 1) [4] [9].

$$E_{d, dst} \leq E_{d, stb} \quad (2.5)$$

Kde $E_{d, dst}$ = návrhová hodnota účinků destabilizujícího zatížení; $E_{d, stb}$ = návrhová hodnota účinků stabilizujícího zatížení;

$$E_d \leq R_d \quad (2.6)$$

Kde E_d =návrhová hodnota účinků zatížení (vnitřní síla, moment vnitřní síly/vektor několika vnitřních sil); R_d = návrhová hodnota příslušné únosnosti;

$$X_d = k_{mod} \times \frac{X_k}{Y_M} \quad (2.7)$$

Kde X_d =Návrhová hodnota pevnostní vlastnosti; k_{mod} = modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti (Tab. č. 2); Y_M =dílčí součinitel vlastnosti materiálu (Tab. č. 3); X_k = charakteristická hodnota vlastnosti materiálu;

$$R_d = k_{mod} \times \frac{R_k}{Y_M} \quad (2.8)$$

Kde R_d =Návrhová hodnota odolnosti; k_{mod} = modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti (Tab. č. 2); Y_M =dílčí součinitel vlastnosti materiálu (Tab. č. 3); R_k = charakteristická hodnota únosnosti materiálu;

Tab.1 Třídy trvání zatížení. ČSN EN 1995-1-1:2006 Tab. 2.1[4]

Třída trvání zatížení	Řád souhrnného trvání charakteristického zatížení
Stálé	déle než 10 let
Dlouhodobé	6 měsíců – 10 let
Střednědobé	1 týden – 6 měsíců
Krátkodobé	méně než 1 týden
Okamžikové	

Tab.2 Hodnoty k_{mod} pro rostlé dřevo. ČSN EN 1995-1-1:2006 Tab 3.1[4]

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Tab.3 Doporučené dílčí součinitele Y_M pro vlastnosti materiálu a únosnosti.
ČSN EN 1995-1-1:2006 Tab 2.3[4]

Základní kombinace:	
Rostlé dřevo	1,3
Lepené lamelové dřevo	1,25
LVL, překližka, OSB	1,2
Třískové desky	1,3
Vláknité desky, tvrdé	1,3
Vláknité desky, středně tvrdé	1,3
Vláknité desky, MDF	1,3
Vláknité desky, měkké	1,3
Spoje	1,3
Kovové desky s prolisovanými trny	1,25
Mimořádné kombinace	1,0

Mezním stavem použitelnosti je dle ČSN EN 1995-1-1:2006 [4]:

Tαβ. 13) Prokluz spoje

Tαβ. 14) Mezní hodnota průhybu nosníku

Tαβ. 15) Kmitání

Při namáhání dřevěného prvku přehrážky (kulatina/štětovnice) dochází především k průhybu nosníku (viz. obr. č. 10). Mezní hodnoty průhybu nosníku jsou uvedeny v (tab. č. 4), kdy maximální přípustná hodnota pro prostý nosník je $L/150$. [4] Průhyb nosníku lze spočítat dle vztahu (2.9).

$$W_s = \frac{5 \times g \times l^4}{384 \times E \times I_y} \quad (2.9)$$

Kde W_s =Průhyb nosníku uprostřed rozpětí [m]; g =spojité zatížení nosníku [kNm^{-1}]; l =rozpětí nosníku [m]; E =Modul pružnosti materiálu [kNm^{-2}], pro dříví třídy pevnosti C24: (11 000 MPa / 11kNmm^{-2} / 11 000 000 kNm^{-2} dle ČSN EN 338:2016 Tab. 1) [17]; I_y =moment setrvačnosti [m^4] (ze vztahu 2.10);

$$I_y = \frac{\pi \times r^4}{4} \quad (2.10)$$

Kde I_y =moment setrvačnosti [m^4]; r =poloměr dřevěného prvku objektu (kulatiny) [m];

Tab.4 Mezní hodnoty průhybů nosníků. ČSN EN 1995-1-1:2006[4]

	W_{inst}	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Prostý nosník	Ø300 až Ø500	Ø250 až Ø350	Ø150 až Ø300
Vykonzolované nosníky	Ø150 až Ø250	Ø125 až Ø175	Ø75 až Ø150

- **Bezpečnostní faktory**

Při statickém řešení je třeba zohlednit bezpečnostní faktory, které zahrnují návrh na mezní stavy, faktor bezpečnosti, možné odchylky v materiálu a další nejistoty. Bezpečnost konstrukce je důležitá pro minimalizaci rizika selhání.

Současně je nutné provést kategorizace do tříd spolehlivosti RC1 až RC3 podle ČSN EN 1990 [9] a stanovit součinitel diferenciacce spolehlivosti K_{FI} (součinitel významu). Kategorie včetně několika příkladů jsou uvedeny v tabulce č. 5. Vynásobením dílčích ukazatelů součinitelem diferenciacce spolehlivosti lze do statického výpočtu zahrnout důležitost daného objektu. Při výpočtu jsou tak kladeny větší nároky na objekty s kritickou funkcí či umístěním, objekty, jejichž selhání by mělo za následek nepřiměřené škody na majetku či zdraví nebo životech osob.

Tab. 5 *Zatřídění staveb do tříd spolehlivosti s odpovídajícím součinitelem diferenciacce spolehlivosti K_{FI} . [7]*

Třída spolehlivosti	Příklady	Součinitel K_{FI}
RC3	Stavby, kde jsou následky poruchy vysoké: – přehrady, funkční objekty sypaných hrází, – jezy vyšší než 5 m, – hlavní štolové přivaděče pitné vody do aglomerací	1,2
RC2	Stavby, kde jsou následky poruchy středně závažné: – čistírny odpadních vod, úpravy vody, – vodojemy, akvadukty, – kanalizační stoky, vodovodní a jiná potrubí včetně šachet a čerpacích stanic – malé vodní elektrárny – jezy nižší než 5 m – nábrežní stěny – požární a jiné obsypané nádrže – plavební kanály ve výkopu	1,1
RC1	Stavby, kde jsou následky poruchy menšího významu: – sportovní a lázeňské bazény – objekty na odvodňovacích a závlahových stavbách – žumpy, lapoly, nádrže domovních ČOV	1

- **Kontrola a revize**

Po dokončení statického výpočtu je důležité provést kontrolu a revizi navržené konstrukce. To zahrnuje ověření, zda jsou splněny příslušné normy a předpisy. Teprve když je konstrukce staticky korektní, tak se ověřuje správnost všech ostatních funkcí (architektonické, estetické, dispoziční atd.).

Závěr

Při navrhování vodohospodářských staveb je třeba uvědomit, že statická funkce je nejzákladnější funkcí všech staveb.

Problémy v oblasti statického působení konstrukcí mohou mít závažné následky a za vynaložení značných finančních nákladů se napravují. Včasné a nezávislé ověření projektu stavby může proto upozornit na eventuální problémy a případně zabránit budoucímu kolapsu stavby. Proto je vhodné tyto konstrukce navrhovat podle zkušeností a podle doporučení EUKODŮ.

S dřevěnými vodohospodářskými objekty se lze setkat i na místech, kde je jejich správná funkce klíčová a následky selhání mohou být vážné. Při statickém posouzení objektu je jejich důležitost zohledněna zařazením do tříd spolehlivosti.

Literatura

- [1] METELKA, L. 2009. *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí. ISBN 978-80-87076-13-2
- [2] ZUNA, J. 2008. *Hrazení bystřín*. Skriptum. Praha, Česká technika – nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-04010-2
- [3] SKATULA, L. 1952. *Vodní nádrže a jejich využití v lesnictví*. Státní pedagogické nakladatelství Praha.
- [4] ČNI. 2006. ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5 *Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI.
- [5] VOKURKA, A., ZLATUŠKA, K. 2020. *Technická doporučení pro hrazení bystřín a strží*. Praha: Česká společnost krajinných inženýrů ČSSI, z. s. ISBN 978-80-7434-557-9
- [6] TICHÁ, A. a kol. 2022. *Katalog vodohospodářských opatření a opatření pro lokality ovlivněné hladinou podzemní vody*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [7] ÚNMZ. 2012. ČSN 75 0250 *Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb*. Praha: ÚNMZ.
- [8] BÖLL, A., GERBER, W. a kol. 1999. *Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang-und Runsenverbau*. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. ISBN 3-905620-76-6
- [9] ČNI. 2021. ČSN EN 1990 Eurokód *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI.
- [10] Horáček, P. 2008. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Skriptum MZLU Brno: MZLU.
- [11] ČZU. 2010. *Lexikon vad dřeva*. Dostupný z: http://r.fld.czu.cz/vyzkum/multimedia/lexikon_vad/svalovitost.htm
- [12] WOJNAR, T., LASÁK, O. 2007. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR 2008*. Lesnická práce s.r.o. ISBN 978-80-87154-01-4
- [13] ČNI. 1993. ČSN 73 2810 *Dřevěné konstrukce, provádění*. Praha: ČNI.
- [14] ČNI. 2015. ČSN 73 2824-1 *Třídění dřeva podle pevnosti - Část 1: Jehličnaté řezivo*. Praha: ČNI.
- [15] <http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/1563754270?profile=original>

- [16] ČNI. 2018. ČSN EN 1991-4 Eurokód 1 *Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží*. Praha: ČNI.
- [17] ČNI. 2016. ČSN EN 338 *Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti Praha*. Praha: ČNI.

Poděkování

Podpořeno z Programu MŠMT na podporu strategického řízení vysokých škol na Fakultě lesnické a dřevařské ČZU v Praze, č. 1.3.5 Podporovat vzdělávání ve vybraných předmětech směrem k udržitelnosti s utvářením podnikatelských dovedností absolventek a absolventů v roce 2022.

